

Claim:

1. Control device for compensating the offset components of a periodical signal, in particular of a voltage signal output by a sensor system for the incremental exploitation of some displacements or linear or rotational positions, characterized in that there are provided means for determining and compensating the offset components of the periodical signal (A, B) output by the static influences, as well as means for determining and compensating the offset components of the periodic signal (A, B) output by the displacement related influences.



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Gebrauchsmuster**
⑩ **DE 296 14 974 U 1**

⑤① Int. Cl.⁸:
G 01 D 3/028
G 01 P 3/488
G 01 D 5/20

②① Aktenzeichen:	296 14 974.8
②② Anmeldetag:	28. 8. 96
④⑦ Eintragungstag:	28. 11. 96
④③ Bekanntmachung im Patentblatt:	16. 1. 97

DE 296 14 974 U 1

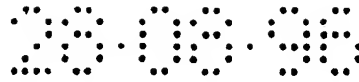
③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①
11.06.96 DE 296102601 24.06.96 DE 296110507

⑦③ Inhaber:
Woeike Magnetbandtechnik GmbH & Co KG, 85301
Schweitenkirchen, DE

⑦④ Vertreter:
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München

⑤④ Steuervorrichtung zur Kompensation von Offset-Anteilen eines periodischen Signals

DE 296 14 974 U 1



28. August 1996

96-0445 La/K-hd-mf-cs

Woelke Magnetbandtechnik GmbH & Co. KG,
D-85301 Schweitenkirchen

Steuervorrichtung zur Kompensation von Offset-Anteilen
eines periodischen Signals

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung zur Kompensation von Offset-Anteilen eines periodischen Signals, insbesondere eines von einem Sensorsystem zur inkrementalen Erfassung linearer oder rotatorischer Bewegungen oder Positionen erzeugten Spannungssignals, sowie ein entsprechendes Sensorsystem, das eine derartige Vorrichtung aufweist.

Bei der Drehzahl, Winkel- und Positionserfassung von Antrieben, beispielsweise Servoantrieben, ist es bekannt, mittels einer umlaufenden Lochscheibe einen auf eine Photodiode gerichteten Lichtstrahl zu unterbrechen. Die hierdurch erhaltenen Impulse stellen ein Maß für die Bewegung bzw. die Drehzahl des sich bewegenden Gegenstandes dar.

Nachteilig bei einer derartigen optischen Positions- bzw. Bewegungserfassung ist ihre Empfindlichkeit gegenüber Verschmutzung durch trockene oder flüssige Medien, sowie gegenüber Schock und Vibration.

Aus der DE-36 34 576 A1 sind Drehzahl-Maßvorrichtungen mit einer Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfeldes, Änderungen des magnetischen Flusses erfassenden Sensoren, und einem Zahnrad mit

28.08.95

- 2 -

Zahnkranz aus ferromagnetischem Material bekannt, wobei das Zahnrad in das Magnetfeld eingesetzt ist, und der Sensor am Umfang des Zahnrades mit einem bestimmten Abstand zum Zahnkranz angeordnet ist und der Zahnradrotation entsprechende Änderungen des magnetischen Flusses erfaßt.

Nachteilig bei derartigen Sensorsystemen ist ihre starke Abhängigkeit von äußeren Faktoren, wie beispielsweise Temperatur, Montagetoleranzen, Toleranzen der verwendeten Sensorelemente, insbesondere der Widerstände usw., was zu Offset-Anteilen der vom Sensor-System abgegebenen Signale führt. Zusätzlich zu diesen durch statische Faktoren hervorgerufenen Offset-Erscheinungen treten insbesondere bei großen Drehzahlen, d. h. bei hohen Signalfrequenzen, Offset-Anteile auf, welche durch die Vorbeibewegung eines entsprechenden ferromagnetischen Maßstabes an einem Sensorelement hervorgerufen werden.

Die so erzeugten statischen bzw. dynamischen Offset-Anteile stehen einer präzisen und unaufwendigen Signalverarbeitung entgegen.

Aufgabe der Erfindung ist daher die Schaffung einer Steuervorrichtung zur Kompensation von Offset-Anteilen eines periodischen Signals, insbesondere eines von einem Sensorsystem zur inkrementalen Erfassung linearer oder rotatorischer Bewegungen oder Positionen erzeugten Spannungssignals, welche über einen großen Temperaturbereich sowie einen großen Signalfrequenzbereich eine zuverlässige und praktikable Signalverarbeitung gewährleistet.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine gattungsgemäße Vorrichtung, welche gemäß den Merkmalen des Kennzeichens des Anspruchs 1 weitergebildet ist.



- 3 -

Mit der erfindungsgemäßen Steuervorrichtung sind Sensorsignale in einem weiten Frequenzbereich, insbesondere von $F = 0$ kHz bis über 100 kHz bzw. 170 kHz, in einem großen Temperaturbereich, insbesondere von -40°C bis 110°C , verarbeitbar und stabilisierbar. Die Steuervorrichtung kann über den gesamten Temperatur- und Frequenzbereich mit einem stabilen Offset-Verhalten betrieben werden, womit ein weitgehend problemloser Einsatz gewährleistet ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung gestattet es, daß billigere Materialien, welche bei herkömmlichen Steuerungen zu großen Offset-Anteilen in den erzeugten Signalen führten, für die entsprechenden Bauteile des Sensorsystems verwendet werden können. Es ist insbesondere möglich, Zahnräder oder Zahnstangen, welche als Maßstäbe in entsprechenden Sensorsystemen dienen, aus einfachem Werkzeugstahl herzustellen.

Ferner sind die Anforderungen an die Anbaugenauigkeit eines Sensorsystems bei Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtungen niedriger als bei herkömmlichen Systemen. So kann die Positionierung der Systembauteile beispielsweise mittels Anschlagvorrichtungen erfolgen, während es bei herkömmlichen Systemen notwendig war, eine genaue Justierung mittels Amplitudenbestimmung bzw. -justierung durchzuführen. Dies gewährleistet eine einfache und preiswerte Montage.

Die Erfindung betrifft ferner ein Sensorsystem zur inkrementalen Erfassung linearer oder rotatorischer Bewegungen oder Positionen, mit einem Abtastkopf und einem mit diesem zusammenwirkenden Maßstab, wobei der Abtastkopf wenigstens eine maßstabempfindliche Sensoreinheit aufweist, und der Maßstab derart am Abtastkopf vorbeibewegbar ist, daß ein vom Sensor aufgenommenes Signal eine periodische Änderung erfährt, wobei das System Mittel zur Bestim-

28.08.98

- 4 -

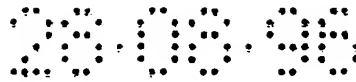
mung und Kompensation eines durch statische Einflüsse hervorgerufenen Offsets des periodischen Signals, sowie Mittel zur Bestimmung und Kompensation eines durch bewegungsabhängige Einflüsse hervorgerufenen Offsets des periodischen Signals aufweist.

Die Erfindung betrifft schließlich einen Maßstab, insbesondere zur Verwendung mit einem erfindungsgemäßen Sensorsystem, welcher wenigstens eine Inkrementalspur aufweist, wobei die Inkremente der Inkrementalspur in mathematisch definierter Weise, insbesondere mit gleichmäßigen Abständen, gleichmäßig zunehmenden oder abnehmenden Abständen, logarithmisch zu- oder abnehmenden Abständen, oder exponentiell zu- oder abnehmenden Abständen angeordnet sind.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Steuervorrichtung werden die Mittel zur Bestimmung und Kompensation von durch bewegungsabhängige Einflüsse hervorgerufenen Offsetanteilen oberhalb einer vorbestimmten Einsatzgeschwindigkeit bzw. -frequenz des periodischen Signals aktiviert. Hierdurch ist gewährleistet, daß über einen großen Frequenzbereich die benötigte Anpassung des Offset-Signals, in beide Drehrichtungen oder über einen entsprechend größeren Frequenzbereich in eine Drehrichtung, erreicht werden kann. Besonders vorteilhaft ist die erfindungsgemäße Vorrichtung beispielsweise zur Steuerung von Motoren verwendbar, die in einem hohen Drehzahlbereich arbeiten. Der Sollzustand des Systems entspricht hierbei einer bestimmten Drehzahl, und Abweichungen nach unten führen zu einem entsprechend kleineren, und Abweichungen nach oben zu einem entsprechenden größeren Offset.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung

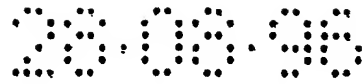


zur Kompensation von Offset-Anteilen weist diese Mittel zur Bestimmung der Temperatur der die periodischen Signale erzeugenden Sensoren, Speichermittel zum Speichern temperaturabhängiger Kennlinienpunkte, und Mittel zur Erzeugung eines Korrektursignals entsprechend der gemessenen Temperatur und der aus den gespeicherten Kennlinienpunkten errechneten Kennlinie auf. Hiermit ist, insbesondere für niedrige Signalfrequenzen, unterhalb der Minimal-Einsatzfrequenz der dynamischen Offset-Kompensation eine einfache und zuverlässige Offset-Kompensation gewährleistet.

Besonders bevorzugt ist ferner, daß zur Kompensation der bewegungsabhängigen Offsetanteile ein Regelkreis vorgesehen ist, wobei das zu kompensierende Signal wenigstens einem Komparator zugeführt wird, der ein dem Offset entsprechendes Signal erzeugt, welches als Korrektursignal auf das vom Sensor aufgenommene periodische Signal gegeben wird. Hiermit kann auch bei sehr hohen Frequenzen, beispielsweise bis 170 kHz, die gewünschte Offset-Regelung vorgenommen werden.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist die Vorrichtung Mittel zum Speichern wenigstens eines oberhalb der Einsatzfrequenz für Offset-Kompensation ermittelten Korrektursignals auf.

Besonders bevorzugt ist hierbei, daß Mittel vorgesehen sind, die bei Wiederunterschreiten der Einsatzfrequenz ein gespeichertes Korrektursignal zur Offset-Kompensation verwenden. Hiermit ist die Möglichkeit geschaffen, auch unterhalb der Regelungseinsatzfrequenz Offset-Einflüsse, die durch Montage bzw. Bauteiltoleranzen bewirkt sind, in wirksamer Weise zu kompensieren. Die oberhalb der Einsatzfrequenz einsetzende Regelung bewirkt nämlich, daß sämtliche Offsetanteile, unabhängig von ihrem Ursprung, kompensiert werden. Bauteil und Montagetoleranzen, welche natürlich auch unterhalb der Einsatzfrequenz Offset-Komponen-



ten verursachen, können so auch bei Abschaltung der Regelung unterhalb der Einsatzfrequenz mittels eines gespeicherten Offset-Korrekturwertes, ermittelt und kompensiert werden.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Sensorsystems ist der Maßstab ein magnetischer Maßstab, insbesondere ein verzahnter Maßstab aus ferromagnetischem Material, oder ein Bereiche verschiedener Magnetisierung aufweisender Maßstab, und weist der Abtastkopf wenigstens eine magnetfeldempfindliche Sensoreinheit auf, wobei der magnetische Maßstab derart am Abtastkopf vorbeibewegbar ist, daß ein Magnetfeld am Ort der Sensoreinheit eine periodische Änderung erfährt. Die Verwendung derartiger magnetischer Sensorsysteme weist insofern Vorteile auf, als sie wenig verschmutzungs- bzw. stoßempfindlich sind. Es sei jedoch angemerkt, daß dem erfindungsgemäßen Sensorsystem beispielsweise auch als optisches System ausgebildet sein kann.

Besonders bevorzugt ist, daß der Maßstab mit wenigstens einer Inkrementalspur ausgebildet ist.

Es ist ferner besonders bevorzugt, daß der Maßstab mit wenigstens einer einen Bezugspunkt, insbesondere einen Nullpunkt, definierenden Spur ausgebildet ist. Mittels des so definierten Bezugs- bzw. Nullpunktes ist eine besonders einfache und zuverlässige Signalverarbeitung möglich.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung sind die Inkremente wenigstens einer Inkrementalspur in mathematisch definierter Weise, insbesondere mit gleichmäßigen Abständen, gleichmäßig zunehmenden Abständen, gleichmäßig abnehmenden Abständen, logarithmisch zu- oder abnehmenden Abständen oder exponentiell zu- oder abnehmenden Abständen angeordnet.



Besonders bevorzugt ist, daß zwei magnetfeldempfindliche Sensoreinheiten derart angeordnet sind, daß sie durch Zusammenwirken mit der Inkrementalspur zwei um jeweils 90° phasenverschobene Signale erzeugen, und eine dritte Sensoreinheit durch Zusammenwirken mit der Nullspur ein Referenzsignal erzeugt. Die Schaffung zweier um 90° phasenverschobenen Signale gestattet eine besonders einfache und unaufwendige Signalverarbeitung.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung weisen die Sensoreinheiten jeweils durch Dauermagneten vorgespannte, magnetfeldabhängige Widerstände in Halbbrückenschaltung auf.

Besonders bevorzugt ist in diesem Zusammenhang die Verwendung von Doppeldifferential-Feldplatten, insbesondere Silizium-Feldplatte. Diese weisen eine geringere Temperaturabhängigkeit sowie eine Linearität über einen größeren Frequenzbereich als herkömmliche Feldplatten auf.

Eine bevorzugte Alternative stellt die Verwendung von Hallsensoren für die Sensoreinheiten dar. Aber auch andere magnetresistive Sensoren sind, je nach konkreten Anforderungen, verwendbar.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Sensorsystems sind der Abtastkopf und die Elektronik, insbesondere die Vorrichtung zur Offset-Kompensation als einzelne, räumlich getrennte Module ausgebildet, welche über Signalübertragungsmittel miteinander verbunden sind. Diese räumliche Trennung erweist sich insofern als vorteilhaft, als hierbei lediglich der die Sensoren enthaltende Abtastkopf in unmittelbarer Nähe des Maßstabes angeordnet ist, so daß der dort benötigte Einbauraum wesentlich verringert wird. Dadurch, daß fast die gesamte Elektronik des Systems, insbesondere die Kompensationsschaltungen zur Offset-Kompensation, an einem beliebigen Ort positioniert werden kann, ist es möglich,

28.08.95

- 8 -

preiswertere Komponenten zu verwenden, da die Elektronik an einem Ort positionierbar ist, der äußeren Einflüssen, wie beispielsweise Temperatur- oder Luftfeuchtigkeitsschwankungen, weniger ausgesetzt ist.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist der Maßstab aus einem einfachen Werkzeugstahl hergestellt. Hierdurch können die Kosten für das Gesamtsystem spürbar gesenkt werden.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Maßstabes ist dieser mit wenigstens einem Bezugspunkt, insbesondere einen Nullpunkt, definierenden Spur ausgebildet.

Im folgenden soll eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen im einzelnen beschrieben werden.

Es zeigt bzw. zeigen

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Sensorsystems in schematischer Form, bei welchem die erfindungsgemäße Vorrichtung verwendbar ist,

Fig. 2a eine seitliche Schnittansicht des Sensorsystems,

Fig. 2b Ansichten eines zur Signalerfassung verwendbaren Abtastkopfes, von vorne (I), von oben (II) und von der Seite (III),

Fig. 3 die gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erzeugten Ausgangssignale eines Abtastkopfes bzw. Gebers,

Fig. 4 eine schematische Ansicht des Sensorsystems mit zugehö-

28.08.98

- 9 -

rigem Antriebsmotor und entsprechenden Signalbahnen,

- Fig. 5 ein schematisches Schaltbild einer mittels im erfindungsgemäßen Sensorsystem verwendeten Signalverarbeitung,
- Fig. 6 ein schematisches Schaltbild einer beim erfindungsgemäßen Sensorsystem verwendeten Offset-Kontrolleinheit,
- Fig. 7a
bis 7d Seitenansichten bzw. Draufsichten eines erfindungsgemäß verwendeten Exzenter-Systems, bestehend aus einem Exzenter und einer Exzenterstange,
- Fig. 8 eine Draufsicht des erfindungsgemäßen Systems, teilweise im Schnitt, in welchem zur Justierung verwendete Bohrungen dargestellt sind,
- Fig. 9 Ansichten einer weiteren Ausführungsform eines zur Signalerfassung verwendbaren Abtastkopfes von vorne (I), von oben (II) und von der Seite (III) mit externer Elektronik und
- Fig. 10 eine schematische Ansicht eines Sensorsystems mit zugehörigen Antriebsmotor und entsprechenden Signalbahnen, welches den Abtastkopf und die externe Elektronik der Fig. 9 aufweist.

Das gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Sensorsystem verwendete Meßprinzip beruht auf der berührungslosen Abtastung verzahnter, ferromagnetischer Maßstäbe 3 mittels magnetfeldempfindlicher Sensorelemente 10, 11, 12.

28.08.98

- 10 -

In Fig. 1 sind ein Geber bzw. Abtastkopf 1 sowie ein auf einer Welle 2 angeordnetes, als Maßstab dienendes Zahnrad 3 dargestellt.

Das Zahnrad 3 weist eine mit einer gleichmäßigen Verzahnung versehene Inkrementalspur 3a sowie eine mit einem einzigen Vorsprung 3c versehene Nullspur 3b auf.

In einem Sensorfenster 1a sind, jeweils auf der Höhe der Inkrementalspur 3a, Sensoreinheiten 10 und 11 angeordnet (siehe Fig. 5). Ferner ist auf der Höhe der Nullspur 3b eine Sensoreinheit 12 ausgebildet.

Als Sensoreinheiten dienen durch (nicht gezeigte) Dauermagneten vorgespannte, magnetfeldabhängige Widerstände in Halbbrückenschaltung, im dargestellten Ausführungsbeispiel Doppeldifferentialfeldplatten. Es sind jedoch auch vergleichbare, magnetfeldabhängige Elemente, wie z. B. Hallsensoren, verwendbar.

Das Zahnrad 3 ist aus einem ferromagnetischen bzw. weichmagnetischen Material hergestellt.

Bei einer Drehbewegung des Zahnrads 3 auf der Welle 2 wird das vom Dauermagneten an der jeweiligen Sensoreinheit 10, 11 erzeugte Magnetfeld derart verändert, daß dies zu einer elektrischen Auslenkung der Widerstandsbrücken führt.

Durch die Bewegung des Zahnrades 3 erhält man ein annähernd sinusförmiges Spannungssignal am Ausgang der Brückenschaltung. Die Sensoreinheiten 10, 11 sind derart angeordnet, daß sie ein jeweils um 90° phasenverschobenes Signal erzeugen. Es wäre auch denkbar, lediglich eine Sensoreinheit vorzusehen, und das so erzeugte Signal zum Erhalt eines entsprechenden phasenverschobenen

28.08.95

- 11 -

Signals mittels eines Phasendrehgliedes einer Phasenverschiebung zu unterziehen.

Die um 90° phasenverschobenen Signale A und B der Sensoreinheiten 10 bzw. 11 sind in Fig. 3 dargestellt.

Die Phasenverschiebung um 90° ist bevorzugt, da in diesem Falle eine besonders einfache bzw. exakte Bestimmung eines Drehwinkels bzw. der Drehrichtung möglich ist. Es ist jedoch gleichfalls möglich, irgendeine andere gewünschte Phasenverschiebung zu wählen, wobei in der Regel darauf geachtet werden sollte, daß diese Phasenverschiebung nicht 180° beträgt, da in diesem Falle die Drehrichtung bzw. der Drehwinkel des Zahnrades 3 bzw. der Welle 2, insbesondere bei kleinen Drehzahlen, allein aufgrund der Signale A, B nicht ohne weiteres feststellbar ist.

Es ist ferner möglich, die aufgenommenen Signale vor ihrer Verarbeitung zu digitalisieren. Die hier beschriebene Ausführungsform betrifft jedoch im wesentlichen eine analoge Signalverarbeitung.

Die Amplitude und Form des Signals A bzw. B ist stark vom Abstand zwischen Sensoreinheit 10, 11 und Zahnrad 3 abhängig. Je weiter nämlich die entsprechende Sensoreinheit 10, 11 vom Zahnrad 3 entfernt ist, desto besser ist die Signalform an die optimale Sinusform angenähert, wobei jedoch andererseits mit größerem Abstand die Signalamplitude kleiner wird. Durch die notwendigerweise höhere Verstärkung der Sensorsignale wird auch deren Offset mitverstärkt.

In der Praxis muß ein Kompromiß zwischen optimaler Sinusform und verwertbarer Amplitude bzw. Offset-Entstehung gefunden werden. Die erfindungsgemäße Offset-Kompensation ermöglicht auch im bewegten Zustand eine effektive Kompensation, so daß das Sensor-

28.08.98

- 12 -

system bezüglich seines Anbauabstandes in Richtung einer optimalen Sinusform des Signals justiert werden kann.

In Fig. 3 ist ferner das Referenzsignal R dargestellt, welches von einer Sensoreinheit 12, die auf der Höhe der Nullspur 3b angeordnet ist, beim Vorbeilauf des Vorsprungs 3c erzeugt wird.

Zur genauen Positionierung des Abtastkopfes bzw. -gebers 1 ist dieser mit einer Nut 1c sowie mit Seitenführungen 1d ausgebildet (siehe Fig. 2b).

Der Anbau des Abtastkopfes 1 auf einem Träger 10 erfolgt bevorzugt mittels Justagelehenband auf Anschlag. Ferner ist eine Feinregulierung mittels eines Exzenter systems nach Amplitude besonders bevorzugt. In Fig. 2a bzw. 8 ist eine in einem Trägerbauteil 10 ausgebildete Bohrung 121 für einen Justageexzenter dargestellt. Bevorzugt ist dieses Exzenter system wie in den Fig. 7a bis 7d dargestellt bestehend aus einem Exzenter 50 und einer Exzenterstange 51. Dieses zweiteilige Exzenter system hat den Vorteil, nach dem Anbau durch Nichtverlierbarkeit beider Teile am Sensorsystem zu verbleiben (Wiederverwendbarkeit nach Regulierung). Der Vorteil dieser Exzenter feinregulierung liegt insbesondere darin, daß der Geberkopf 1 gleichmäßig gegen einen Widerstand, beispielsweise die Federkraft einer in die Nut 1c eingebrachten Paßfeder, gegen den Maßstab 3 angenähert und entfernt werden kann, bis der gewünschte Abstand bzw. Amplitudenwert erreicht ist. Hierbei erweist sich als vorteilhaft, zwei Führungen 1f auszubilden, in welchen (nicht gezeigt) Fixierschrauben angeordnet sind. Zur Exzenterjustage wird der Exzenter 50 mit seinem ersten Ende 50a in die Aufnahmebohrung 121 geführt, wobei zunächst der dickere, exzentrische Teil des Exzenter vom Zahnrad abgewandt angeordnet ist. Diese Stellung definiert den größtmöglichen Abstand des Abtastkopfes 1 vom Zahnrad 3. Die Exzenter-

28.08.95

- 13 -

stange 51 weist eine erste Bohrung 51a und eine zweite Bohrung 51b auf. Die zweite Bohrung 51b weist einen Durchmesser auf, der etwas größer ist als derjenige eines in einer Aufnahmebohrung des Geberkopfes angeordneten Zylinderstiftes 51c. Die Exzenterstange wird nun mit der Bohrung 51b auf den Zylinderstift aufgesetzt. Die zweite Bohrung 51a ist derart ausgebildet, daß sie auf den oberen, dickeren Teil des Exzenter aufsetzbar ist. Wird nun der Exzenter 50 verdreht, führt dies zu einer pleuelartigen Bewegung der Exzenterstange 51. Hierdurch drückt die Exzenterstange derart gegen den Geberkopf 1, daß dieser eine Verschiebung erfährt.

Die Anordnung der Ausnehmung bzw. Bohrung 121 sowie der Paßfedernut 1c im erfindungsgemäßen Sensorsystem ist in einer Draufsicht in Fig. 8 dargestellt.

Ein Anschlagstift 11, welcher in den Träger 10 einführbar ist, schützt hierbei vor einer zu starken Annäherung des Abtastkopfes 1 an das Zahnrad 3 (siehe Fig. 2), was zu einer unbeabsichtigten Zerstörung des Abtastkopfes durch das Zahnrad führen kann.

Insgesamt stehen durch die räumliche Anordnung der Sensoreinheiten 10, 11, 12 auf dem Abtastkopf 3 zwei um 90 Grad gegeneinander phasenverschobene Inkrementalsignale, sowie ein Referenzsignal zur Verfügung.

Die sensorinterne Elektronik dient der Aufbereitung dieser differentiellen Signale A, B, R, insbesondere der Verstärkung der relativ kleinen Signalamplituden auf einen bestimmten Normwert.

Feldplattensysteme sind stark temperaturabhängig, so daß die Signalamplituden auch über die Temperatur kompensiert werden müs-

28.08.95

- 14 -

sen.

Ferner müssen durch Temperaturschwankungen und -toleranzen hervorgerufene Offset-Spannungen in den Sensorsignalen kompensiert werden.

Die Anpassung der Signalamplituden aus den Sensoreinheiten 10, 11, 12 erfolgt mittels Operationsverstärkern, welche, wie weiter unten beschrieben, auch die Aufschaltung der Offset-Kompensation bewerkstelligen. Durch eine abgestimmte ohmsche Belastung der Sensorelement-Halbbrücken wird in Zusammenarbeit mit dem temperaturabhängigen Innenwiderstand dieser Sensorelemente eine temperaturabhängige Verstärkung erzielt. Dies ermöglicht eine Stabilisierung der Signalamplituden über die Temperatur (Amplitudenkompensation).

Durch eine ebenfalls (beispielsweise durch NTC-Widerstände) temperaturkompensierte Begrenzerschaltung 13 erfolgt, je nach konkreter Anwendung, eine Signalformung des Referenzsignals (siehe Fig. 5).

Neben dem Nutzsignal erzeugen die Sensoreinheiten (Feldplatten) 10, 11, 12 auch erhebliche Störsignalanteile in Form von Gleichspannungsoffsets, hervorgerufen beispielsweise durch ungleiche Temperaturbeiwerte der Sensor-Brückenwiderstände, Asymmetrie der magnetischen Vorspannung, Montagetoleranzen und Widerstandstoleranzen in den Brückenwiderständen (statische Offsets).

Zusätzlich zu diesen statischen Offsets treten weitere Offset-Spannungen auf, welche durch die Bewegung des Maßstabs, das heißt im vorliegenden Falle des Zahnrades 3, vor dem Sensorelement hervorgerufen werden. Diese sind abhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit und -richtung (dynamische Offsets) und haben

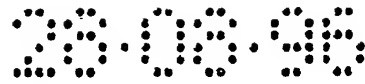
ihre Ursache in einer bewegungsabhängigen Magnetfeldverzerrung, welche auch abhängig vom verwendeten Material des Maßstabes ist. Beispielsweise führt ein Maßstab bzw. ein Zahnrad aus einem einfachen Werkzeugstahl zu einem höheren Offset, während ein Maßstab aus Nirosta-Stahl geringere Offsets bei gleicher Frequenz hervorruft.

Im folgenden wird erläutert, wie die sensorinterne Elektronik die statischen, und insbesondere die dynamischen Offsets mittels einer Kompensationsschaltung aus dem Sensorsignal eliminiert.

Insbesondere ermöglicht die dynamische Kompensation die Verwendung von billigeren Materialien für die Maßstäbe, und erlaubt größere Anbautoleranzen.

Die Kompensation ist auf digitaler Basis unter Verwendung eines Mikroprozessors μC realisiert (siehe Fig. 6). Dieser erfaßt die Temperatur an den Sensoreinheiten 10, 11, 12 und die Offset-Spannung in den Signalen A, B. Ein Regelalgorithmus im Prozessor verarbeitet die Meßdaten und erzeugt ein Kompensationssignal, welches dem Signaloffset entgegenwirkt.

Durch einen elektronischen Abgleichvorgang bei der Produktion des Sensorsystems werden die Kompensationswerte des statischen Offsets in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegt, so daß sie während des Betriebes bei Anlegen der Versorgungsspannung an das Sensorsystem statisch auf die Signale aufgeschaltet werden können. Dazu errechnet der Prozessor des Mikrocomputers μC aus mehreren, beispielsweise aus zwei während eines Abgleichvorgangs ermittelten, Temperaturpunkten eine Kompensationsfunktion, welche dem tatsächlichen temperaturabhängigen Offset gut angenähert ist.



Befindet sich das Zahnrad 3 im Stillstand oder in langsamer Bewegung (unterhalb einer bestimmten Regeleinsatzfrequenz), werden nur die statischen Offsets kompensiert (in dieser Betriebssituation ist die Funktion der Kompensationsschaltung vergleichbar mit fest eingestellten Trimm-Potentiometern). Hierbei ist jedoch zu beachten, daß durch Anbautoleranzen verursachte Offsetanteile unter Umständen noch nicht berücksichtigt werden können. Dies kann beispielsweise dann der Fall sein, wenn die Montage bzw. der Einbau des Systems erfolgt, nachdem mittels eines Abgleichvorgangs die Kompensationsfunktionen ermittelt worden sind.

Erhöht sich die relative Geschwindigkeit des Zahnrades 3 auf oder über eine bestimmte Regeleinsatzfrequenz, wird der Regelalgorithmus im Prozessor aktiviert, und es erfolgt eine Nachführung der Signaloffsets durch die Kompensationsschaltung (dynamische Offset-Korrektur). Hierdurch wird, ausgehend vom aktuell statisch kompensierten Offset, jeglicher Offset dynamisch kompensiert.

Bei erneutem Unterschreiten der Regeleinsatzfrequenz bleibt der letzte Kompensationswert im Regler gespeichert, und es erfolgt wiederum nur die oben beschriebene statische Offset-Nachführung, wobei nun auch bei kleinen Signalfrequenzen sämtliche durch Anbautoleranzen verursachten Offsets kompensiert werden. Es ist möglich, die Einsatz-Grenzfrequenz derart zu wählen, daß die bei dieser Frequenz auftretenden, bewegungsabhängigen Offset-Komponenten im wesentlichen zu vernachlässigen sind. Es ist ferner möglich, lediglich die dynamische Offset-Kompensation vorzusehen. Mit dieser Kompensation ist jeglicher Offset kompensierbar. Die Kombination mit einer statischen bzw. temperaturabhängigen Kompensation wird jedoch bevorzugt, da in diesem Fall die auftretenden Offsets bereits über eine temperaturabhängige Kompensation wirksam beschränkt werden können.

Es ist denkbar, wenigstens eine der Kompensationsarten nach einmal erfolgter Kompensation wenigstens zeitweise abzuschalten.

Die softwaregestützte Regler- und Kompensationseinheit ist in der Lage, die charakteristischen Parameter jederzeit zu ändern und so eine optimale Abstimmung zu ermöglichen. Bei diesen charakteristischen Parametern handelt es sich beispielsweise um das Kompensationsvolumen (Größe des kompensierbaren Offsets), die Anzahl der Kompensationsschritte (Anzahl der Spannungsstufen, in welche das Kompensationsvolumen unterteilt ist, d. h. die "Auflösung" des Kompensationsvolumens) und die Festlegung der minimalen Reglereinsatzfrequenz, oberhalb derer eine dynamische Offset-Kompensation erfolgt).

Durch die dynamische Kompensation werden, wie erwähnt, auch Signaloffsets, die durch Anbautoleranzen zwischen Gebersystem bzw. Abtastkopf 1 und Zahnrad 3 hervorgerufen sind, eliminiert. Wird nämlich das Sensorsystem einmal über die Reglereinsatzfrequenz gefahren, so werden alle Offsets kompensiert, und der Kompensationswert bleibt erhalten, solange das System bestromt ist.

Eine bevorzugte Signalverarbeitung wird nun unter Bezug auf die Figuren 4 bis 6 beschrieben.

In Fig. 4 ist der Aufbau des Gesamtsystems dargestellt. Das Gesamtsystem weist neben dem Geber- bzw. Abtastkopf 1 und dem Zahnrad 3 einen Umrichter 20 und einen Motor 30 zum Antrieb der Welle 2 auf. Der Umrichter 20 erhält Motorantriebssollwerte und erzeugt mittels der vom Geber 1 empfangenen Signale entsprechende Ist-Werte L_1' , L_2' , L_3' für die Erzeugung der Drehstromphasen. Das dargestellte System bildet einen Regelkreis für die Drehphase und -geschwindigkeit der Welle bzw. Motorachse 2. Der Geber 1

umfaßt die zugehörigen Sensoreinheiten 10, 11, 12 für die augenblickliche Position der Achse 2. Die Betriebsspannung U_{fp} der Sensoreinheiten wird mittels eines Filters 27 und eines Low-Drop-Reglers 28 aus einer Spannung U_b gewonnen. Die Achsenposition wird als Quadratursignal kodiert (Sinus = Spur A, Cosinus = Spur B, wie beispielsweise in Fig. 3 dargestellt) und dem Umrichter 20 (Regler und Stellglied) übermittelt. Beide Signale werden nach Verstärkung mittels eines variablen Operationsverstärkers 10c bzw. 11c differentiell übertragen ($A+$, $A-$ bzw. $B+$, $B-$), um den Einfluß von Leitungsstörungen zu unterdrücken (siehe Fig. 5). Die differentielle Verstärkung wird durch Operationsverstärker 10a, 10b bzw. 11a, 11b erreicht. Zusätzlich stellt der Geber 1 dem Umrichter 20 pro Umdrehung einen Referenzimpuls (Signal R gleichfalls als differentielles Signal R^+ , R^-) mittels der Sensoreinheit 12 zur Verfügung.

Fig. 5 zeigt den Aufbau des Gebers 1 mit den drei differentiellen Feldplatten-Systemen bzw. Sensoreinheiten 10, 11, 12. Jeweils eine Einheit 10, 11, 12 liefert die Rohsignale für Spur A, Spur B bzw. das Referenzsignal.

Das Rohsignal der Referenzspur wird nach Addition einer justierbaren, während des Betriebes aber konstant gehaltenen Offset-Spannung mittels eines Operationsverstärkers 12c verstärkt, in einem Begrenzer 13 begrenzt und schließlich durch Operationsverstärker 12a, 12b in ein differentielles Signal mit dem Signalquellen-Innenwiderstand $2R_0$ umgesetzt.

Die Rohsignale der Spuren A und B werden nach Addition der Offset-Korrekturspannung U^k verstärkt und in ein differentielles Signal mit dem Signalquellen-Innenwiderstand $2R_0$ umgesetzt.

Die Offset-Korrektureinheit 17 mißt die von der Feldplattentempe-



ratur linear abhängige Spannung U , die Frequenz des Signales Spur A, sowie die Offset-Werte der Signale Spur A und Spur B nach der letzten Verstärkerstufe (Verstärker 10a, 10b, 11a, 11b). In Abhängigkeit von diesen Meßwerten, sowie von beim Geberabgleich programmierten und in einem nichtflüchtigen Speicher gespeicherten Kennlinienpunkten berechnet die Korrektureinheit 17 für jede Spur A, B eine Offset-Korrekturspannung U^k , so daß sich die jeweiligen Offset-Werte der differentiellen Ausgangssignale innerhalb eines voreinstellbaren Toleranzbereiches, vorzugsweise von ± 30 mV (statische Kompensation) befinden.

Es ist ferner möglich, den Abgleich im angebauten Zustand des Systems vorzunehmen. Hierdurch können auch durch Anbautoleranzen hervorgerufene Offset-Anteile bei der statischen Kompensation berücksichtigt werden.

Entsprechend den Eigenschaften der Feldplatten 10, 11, 12 und des Zahnrades 3 wird die Korrekturspannung für eine Spur A, B von der Offset-Korrektureinheit 17 folgendermaßen ermittelt:

Unter einer bestimmten, voreinstellbaren Drehgeschwindigkeit des Zahnrades 3 wird die aktuelle Temperatur der Feldplatten 10, 11 gemessen und entsprechend der im Mikrocomputer μC errechneten Temperatur-Kennlinie eine Korrekturspannung U_A^k , U_B^k erzeugt.

Oberhalb der festen, voreinstellbaren Drehgeschwindigkeit des Zahnrades 3 aktiviert die Korrektureinheit 17 einen Regelkreis (Fig. 6), der in Abhängigkeit von der an den Ausgängen der analogen Verstärkerkette gemessenen Offset-Werte die Korrekturspannung nachführt. Somit können jegliche Offset-Anteile, insbesondere auch von der Drehzahl des Zahnrades und vom Abstand zwischen dem Geber 1 und dem Zahnrad 3 abhängige Offset-Werte, dynamisch kompensiert werden.

28.08.98

- 20 -

Ein vom Regelkreis ermittelter Kompensationswert wird als y-Abchnittskorrektur der betreffenden Temperaturkennlinie flüchtig gespeichert.

Fig. 6 zeigt die Implementierung der Offset-Korrektureinheit 17 im einzelnen. Der mit einem EEPROM ausgestattete Mikrocomputer μC enthält die bei einem Abgleichvorgang über die Temperatur ermittelten Temperaturkennlinien-Punkte für die Spuren A und B. Der Mikrocomputer bzw. Mikroprozessor wirkt insbesondere als Tracking-DAC.

Der Mikrocomputer weist ferner einen Reset-Anschluß RES, einen Versorgungs-Spannungsanschluß V_{pp} sowie Anschlüsse P_0 , P_1 für die Programmierung auf.

Die von einem Temperatursensor 18 erzeugte Spannung U wird durch einen Spannungs-/Frequenzwandler 19 in ein digitales Signal mit von der Feldplattentemperatur linear abhängiger Frequenz umgesetzt. Der Mikrocomputer μC kann somit durch eine einfache Frequenzmessung die Feldplattentemperatur bestimmen.

Die differentiellen Ausgangssignale für die Spuren A und B werden jeweils gefiltert und ungefiltert Komparatoren 27, 28, 29, 30 zugeführt, die Rechtecksignale mit vom Offset der Eingangssignale abhängendem Tastverhältnis erzeugen. Als Filter, die den Komparatoren 28 bzw. 30 vorgeschaltet sind, werden beispielsweise Tiefpaßfilter erster Ordnung 31, 32 mit einer Grenzfrequenz f_g von 240 Hz verwendet. Hierbei wird ein Verfahren bevorzugt, bei welchem im Falle niedriger Frequenzen der Offset anhand des gemessenen Tastverhältnisses ermittelt wird. Bei hohen Frequenzen erweist es sich jedoch als günstiger, nur noch die Polarität des Offset-Signals zu bestimmen, und dementsprechend ein Korrek-

28.08.98

- 21 -

tursignal zu erzeugen. Der Mikrocomputer entscheidet, aber welcher Grenzfrequenz nicht mehr das Tastverhältnis, und somit der Betrag des Offsets, sondern nur noch die Polarität des Offsets ermittelt wird.

Durch Messung der Tastverhältnisse - im Falle entsprechender Frequenzen - kann der Mikrocomputer μC die aktuellen Offset-Werte ermitteln. Gleichzeitig gibt die Frequenz der ungefilterten Rechtecksignale die Umdrehungsgeschwindigkeit des Zahnrades 3 an.

Bei über der entsprechenden Grenzfrequenz liegenden Frequenzen erfolgt nur noch eine Bestimmung der Polarität des Offsets, und lediglich aufgrund dieser Information wird ein Kompensationssignal erzeugt.

Die ermittelten Korrekturspannungen gibt der Mikrocomputer μC als pulsweitenmoduliertes Rechtecksignal aus, das nach Filterung in einem geeigneten Tiefpaß 33 bzw. 34 als Korrektursignal U_A^K bzw. U_B^K dem Additionspunkt A_1 bzw. A_2 in der Verstärkerschaltung zugeführt wird. Der hierbei verwendete Tiefpaß 33 bzw. 34 ist beispielsweise ein Tiefpaß 5. Ordnung mit einer Grenzfrequenz f_g von 150 Hz.

Das Verfahren zur Offset-Kompensation eines periodischen Signals, insbesondere eines von einem Sensorsystem zur inkrementalen Erfassung linearer oder rotatorischer Bewegungen oder Positionen erzeugten Spannungssignals ist also dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb einer vorbestimmten Grenzfrequenz eine Kompensation eines durch statische Einflüsse verursachten Signaloffsets, und oberhalb der vorbestimmten Grenzfrequenz eine Kompensation eines jeglichen, insbesondere bewegungs- bzw. frequenzabhängigen Offsets erfolgt.

28.08.95

- 22 -

Hierbei wird die Kompensation des durch statische Einflüsse verursachten Offsets dadurch bewirkt, daß eine aktuelle Temperatur des das zu kompensierende Signal aufnehmenden Sensors ermittelt wird. Der Kompensationswert für diese Temperatur wird aus den in einem nicht-flüchtigen Speicher gespeicherten Temperaturkennlinien-Punkten errechnet und als Korrektursignal ausgegeben.

Die Kompensation des bewegungsabhängigen Offsets erfolgt hierbei mittels eines Regelkreises, wobei das vom Sensor aufgenommene Signal, unmittelbar oder nach entsprechender Aufbereitung, einem Komparator zugeführt wird, der ein Rechtecksignal mit vom Offset des Eingangssignales abhängenden Tastverhältnis erzeugt, wobei ein Mikrocomputer mittels dieses Tastverhältnisses den Offset-Fehler berechnet, und ein entsprechendes Korrektursignal erzeugt.

Es ist möglich, die für das System benötigten Bauteile modular zur Verfügung zu stellen. Dies ermöglicht eine große Einbauflexibilität.

Eine derartige Ausführungsform ist in den Fig. 9 und 10 dargestellt. Hierbei ist ein Abtastkopf 9 vorgesehen, welcher über eine Signalleitung 99 mit der Verarbeitungs- bzw. Kompensationselektronik, die in einem Gehäuse 4 untergebracht ist, verbunden ist.

Bei dieser Ausführungsform kann, bis auf die Sensoren 10, 11, 12 und 18, die gesamte Elektronik des Systems, insbesondere die beschriebene Offset-Kompensationselektronik, an einem beliebigen Ort positioniert werden. Der unmittelbar am Maßstab 3 bzw. an der Welle 2 benötigte Einbauraum wird hierdurch wesentlich verringert.

Es erweist sich hierbei ferner als vorteilhaft, daß die gesamte Signalverarbeitungs- bzw. Kompensationselektronik an einem Ort positionierbar ist, der möglichst geringen Temperaturschwankungen, Luftfeuchtigkeitsschwankungen oder Schwankungen anderer Umwelteinflüsse, die die Elektronik beeinflussen, ausgesetzt ist. Am Ort des Abtastkopfes sind derartige Bedingungen unter Umständen nicht gewährleistet. Hiermit ist es möglich, eine Kompensationselektronik preiswerter zur Verfügung zu stellen, da die Stabilitätsanforderungen an die einzelnen Bauteile nicht so hoch angesetzt werden müssen.

Die Anordnung und Positionierung des Abtastkopfes 9 ist entsprechend derjenigen des Abtastkopfes bzw. Gebers 1 möglich, so daß auf die entsprechenden Beschreibungsteile verwiesen werden kann. Es ist möglich, wie oben beschrieben, die Positionierung mittels eines Exzentermechanismus vorzunehmen. Es ist aber gleichfalls denkbar, um beispielsweise den Einbauraumbedarf weiter zu verringern, die Positionierung bzw. den Anbau des Abtastkopfes 9 lediglich mittels Justagelehrenband auf Anschlag durchzuführen. In Fig. 9 sind Zapfen 9b und Seitenführungen 9c dargestellt, mittels derer eine derartige Positionierung in einfacher Weise möglich ist.

Ferner ist eine ausreichende EMV-Sicherheit durch Vorsehen eines doppelten Schirmkonzeptes erzielbar.

Die erfindungsgemäß erzeugten und verarbeiteten Signale sind kompatibel zu den Signalen optischer Gebersysteme. Beispielsweise ist es möglich, das Referenzsignal kompatibel zu optischen Systemen zu positionieren. Daher kann eine gegenseitige Ergänzung der entsprechenden Systeme vorgesehen werden.

28.08.96

28. August 1996

96-0445 La/K-hd-mf-cs

Woelke Magnetbandtechnik GmbH & Co. KG,
D-85301 Schweitenkirchen

Steuervorrichtung zur Kompensation von Offset-Anteilen
eines periodischen Signals

Ansprüche:

1. Steuervorrichtung zur Kompensation von Offset-Anteilen eines periodischen Signals, insbesondere eines von einem Sensorsystem zur inkrementalen Erfassung linearer oder rotatorischer Bewegungen oder Positionen erzeugten Spannungssignals,

dadurch gekennzeichnet,

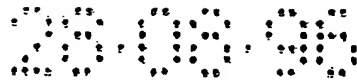
daß Mittel zur Bestimmung und Kompensation durch statische Einflüsse hervorgerufener Offsetanteile des periodischen Signals (A, B), sowie Mittel zur Bestimmung und Kompensation durch bewegungsabhängige Einflüsse hervorgerufener Offsetanteile des periodischen Signals (A, B) vorgesehen sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Bestimmung und Kompensation durch bewegungsabhängige Einflüsse hervorgerufener Offsetanteile bei Erreichen einer vorbestimmten Einsatzfrequenz des periodischen Signals (A, B) aktiviert werden.

28.08.95

- 2 -

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kompensation von durch statische Einflüsse verursachten Offsetanteilen Mittel (18) zur Bestimmung der Temperatur der die periodischen Signale erzeugenden Sensoren (10, 11, 12), Speichermittel zum Speichern temperaturabhängiger Offset-Korrekturwerte, die der Ermittlung einer Offset-Korrektur-Kennlinie über die Temperatur dienen, und Mittel zur Erzeugung eines Korrektursignals entsprechend der gemessenen Temperatur und des für diese gemessene Temperatur errechneten Kennlinienwertes vorgesehen sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kompensation der bewegungsabhängigen Offsetanteile ein Regelkreis vorgesehen ist, wobei das zu kompensierende Signal (A, B) wenigstens einem Komparator (27, 28, 29, 30) zugeführt wird, der ein dem Offset entsprechendes Signal erzeugt, welches von einem Mikrocomputer μC verarbeitet und in Schritten als nachführendes Korrektursignal (U_A^K , U_B^K) auf das vom Sensor aufgenommene periodische Signal (A, B) gegeben wird.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zum Speichern wenigstens eines oberhalb der Einsatzfrequenz zur Offset-Kompensation ermittelten Korrektursignals vorgesehen sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, die bei Wiederunterschreiten der Einsatzfrequenz ein aus gespeicherten Kennlinienwerten errechnetes Korrektursignal zur Offset-Kompensation, verwenden.
7. Sensorsystem zur inkrementalen Erfassung linearer oder rotatorischer Bewegungen oder Positionen, mit einem Abtastkopf



- 3 -

- (1) und einem mit diesem zusammenwirkenden Maßstab (3), wobei der Abtastkopf wenigstens eine maßstabempfindliche Sensoreinheit (10, 11, 12) aufweist, und der Maßstab (3) derart am Abtastkopf (1) vorbeibewegbar ist, daß ein von der Sensoreinheit aufgenommenes Signal eine periodische Änderung erfährt, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorsystem eine Kompensationselektronik, insbesondere eine Vorrichtung zur Offset-Kompensation nach einem der Ansprüche 1 bis 6, aufweist.
8. Sensorsystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Maßstab ein magnetischer Maßstab (3), insbesondere ein verzahnter Maßstab aus ferromagnetischem Material oder ein Bereiche verschiedener Magnetisierung aufweisender Maßstab ist, und der Abtastkopf wenigstens eine magnetfeldempfindliche Sensoreinheit aufweist, wobei durch Vorbeibewegen des magnetischen Maßstabes (3) ein Magnetfeld am Ort der Sensoreinheit (10, 11, 12) eine periodische Änderung erfährt.
9. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Maßstab (3) mit wenigstens einer Inkrementalspur (3a) ausgebildet ist.
10. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Maßstab (3) mit wenigstens einer einen Bezugspunkt, insbesondere einen Nullpunkt, definierenden Spur (3b) ausgebildet ist.
11. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Inkremente der Inkrementalspur (3a) in mathematisch definierter Weise, insbesondere mit gleichmäßigen Abständen, gleichmäßig zunehmenden Abständen, gleichmäßig abnehmenden Abständen, logarithmisch zu- oder abnehmenden Abständen oder exponentiell zu- oder abnehmenden Abständen



den angeordnet sind.

12. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwei magnetfeldempfindliche Sensoreinheiten (10, 11) derart angeordnet sind, daß sie durch Zusammenwirken mit der Inkrementalspur (3a) zwei um jeweils 90° phasenverschobene Signale A, B erzeugen, und eine dritte Sensoreinheit (12) durch Zusammenwirken mit der Nullspur (3b) ein Referenzsignal R erzeugt.
13. Sensorsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheiten (10, 11, 12) jeweils durch Dauermagneten vorgespannte, magnetfeldabhängige Widerstände in Halbbrücken-Schaltung aufweisen.
14. Sensorsystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheiten (10, 11, 12) Doppeldifferential-Feldplatten aufweisen.
15. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheiten (10, 11, 12) Hallsensoren oder andere magnetresistive Sensoren aufweisen.
16. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Maßstab (3) aus einfachem Werkzeugstahl hergestellt ist.
17. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß es Mittel zur Justierung des Abstandes zwischen Abtastkopf (1) und Maßstab (3) aufweist.
18. Sensorsystem nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Justierung einen Exzenter (50) und eine Exzen-

28.08.98

- 5 -

terstange (51) aufweisen.

19. Sensorsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche 7-18, dadurch gekennzeichnet, daß der Abtastkopf und die Elektronik, insbesondere die Vorrichtung zur Offset-Kompensation nach einem der Ansprüche 1 bis 6, als räumlich getrennte Module 9, 4 ausgebildet sind, welche über Signalübertragungsmittel 99 miteinander verbindbar sind.
20. Maßstab, insbesondere zur Verwendung mit einem Sensorsystem nach einem der Ansprüche 7 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß er wenigstens eine Inkrementalspur aufweist, deren Inkremente in mathematisch definierter Weise, insbesondere mit gleichmäßigen Abständen, gleichmäßig zunehmenden Abständen, gleichmäßig abnehmenden Abständen, logarithmisch zu- oder abnehmenden Abständen oder exponentiell zu- oder abnehmenden Abständen angeordnet sind.
21. Maßstab nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß er mit wenigstens einem Bezugspunkt, insbesondere einen Nullpunkt, definierenden Spur (3b) ausgebildet ist.

27.10.96

96-0445

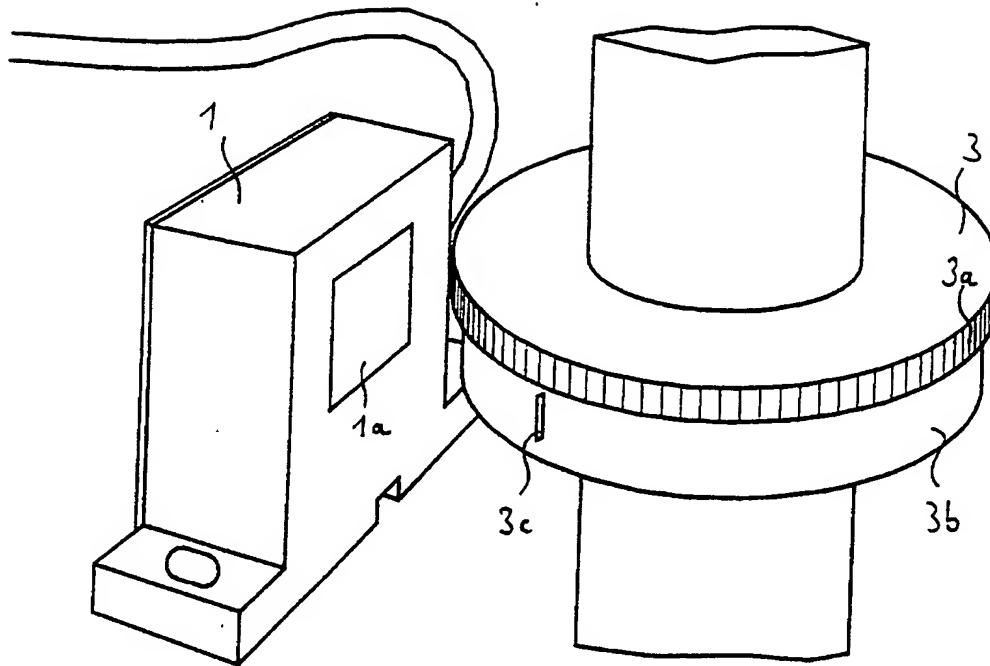


Fig. 1

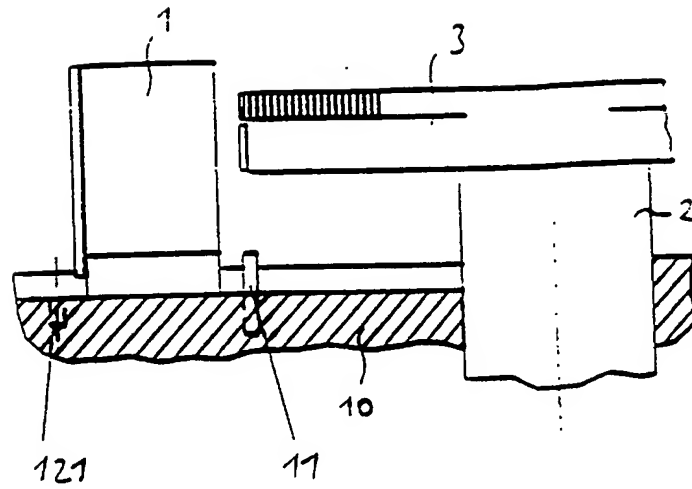


Fig. 2 a

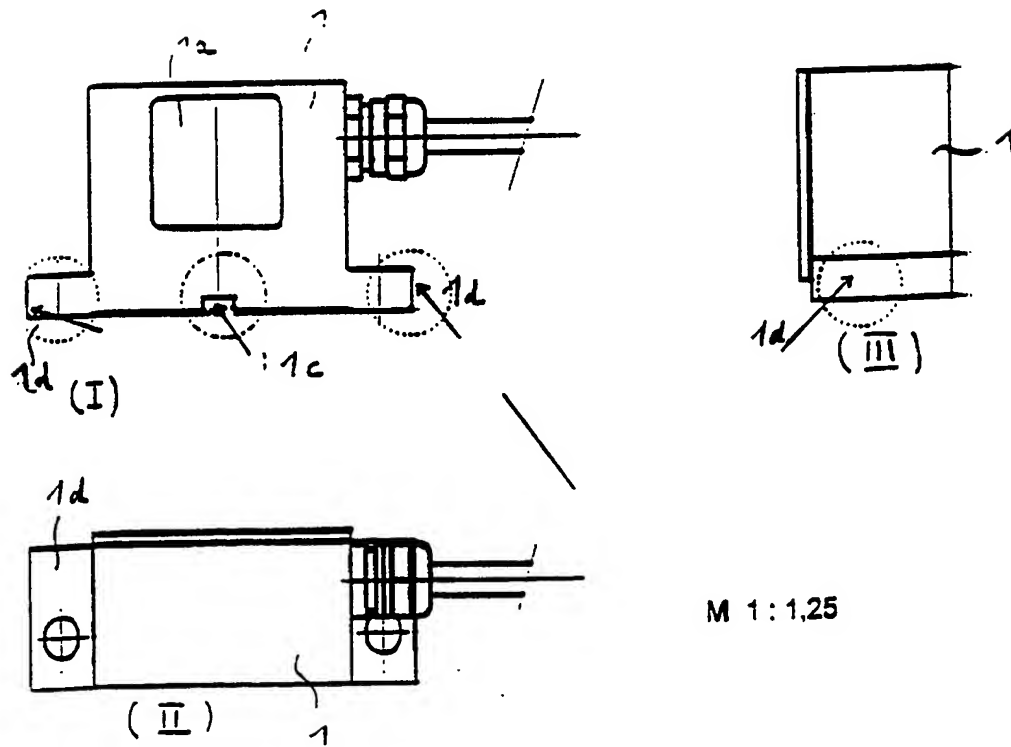


Fig. 2 b

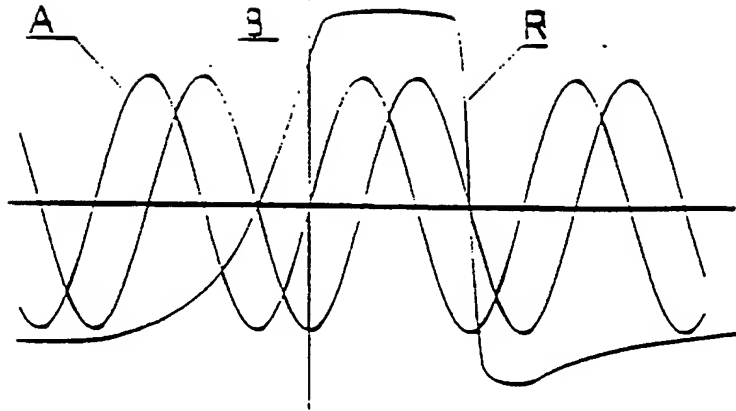


Fig. 3

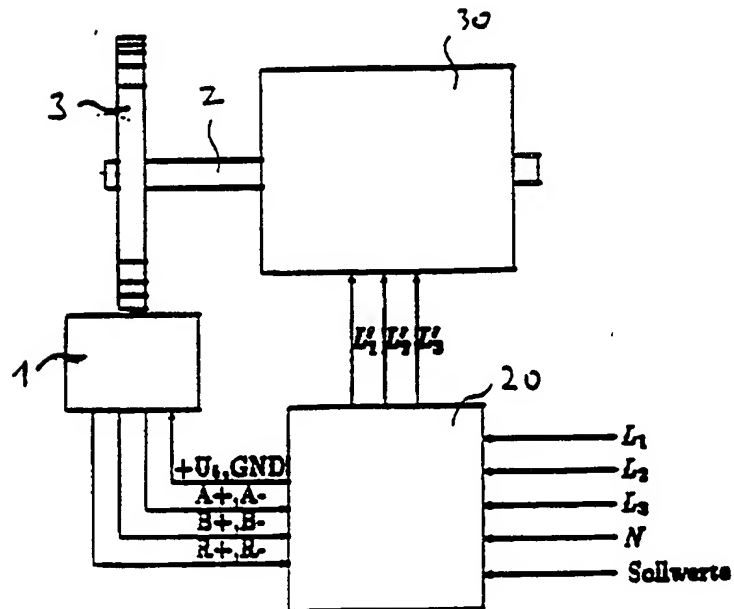


Fig. 4

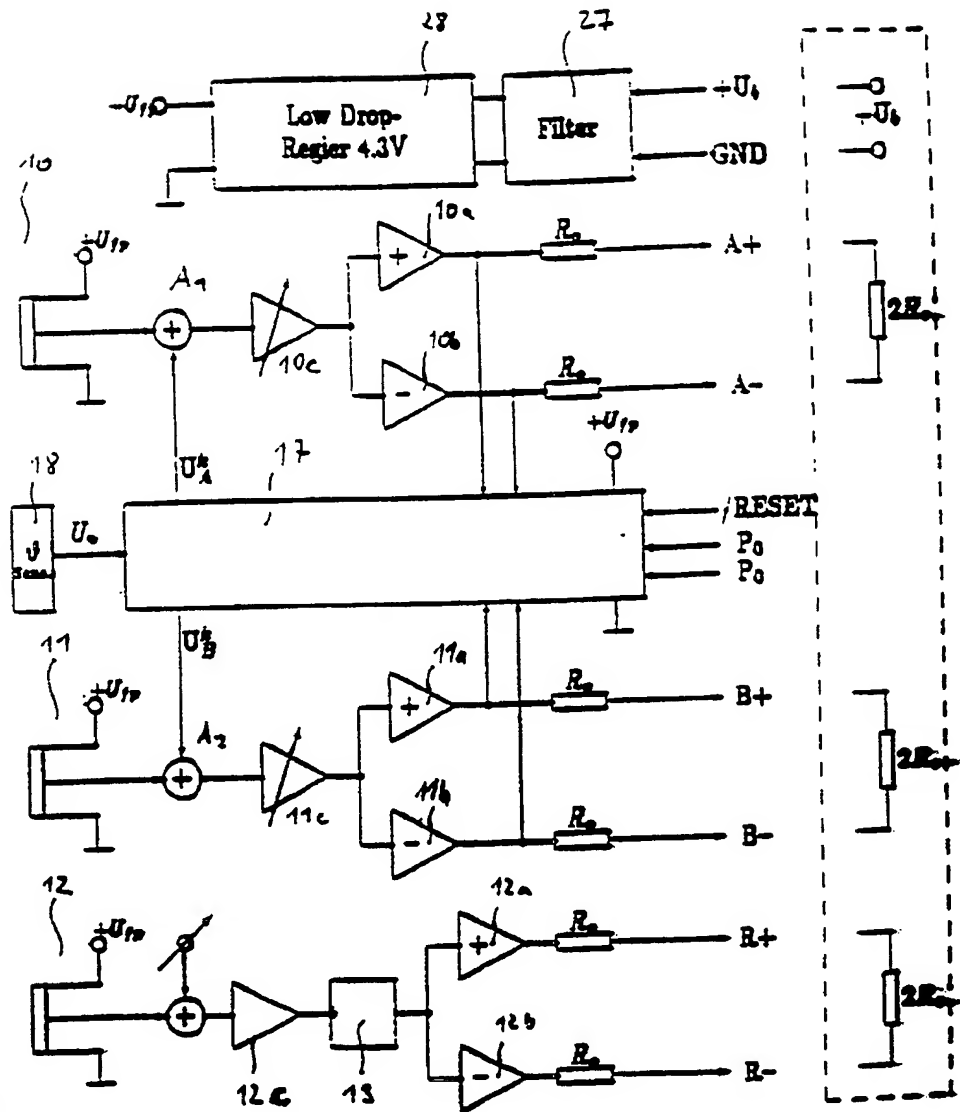


Fig. 5

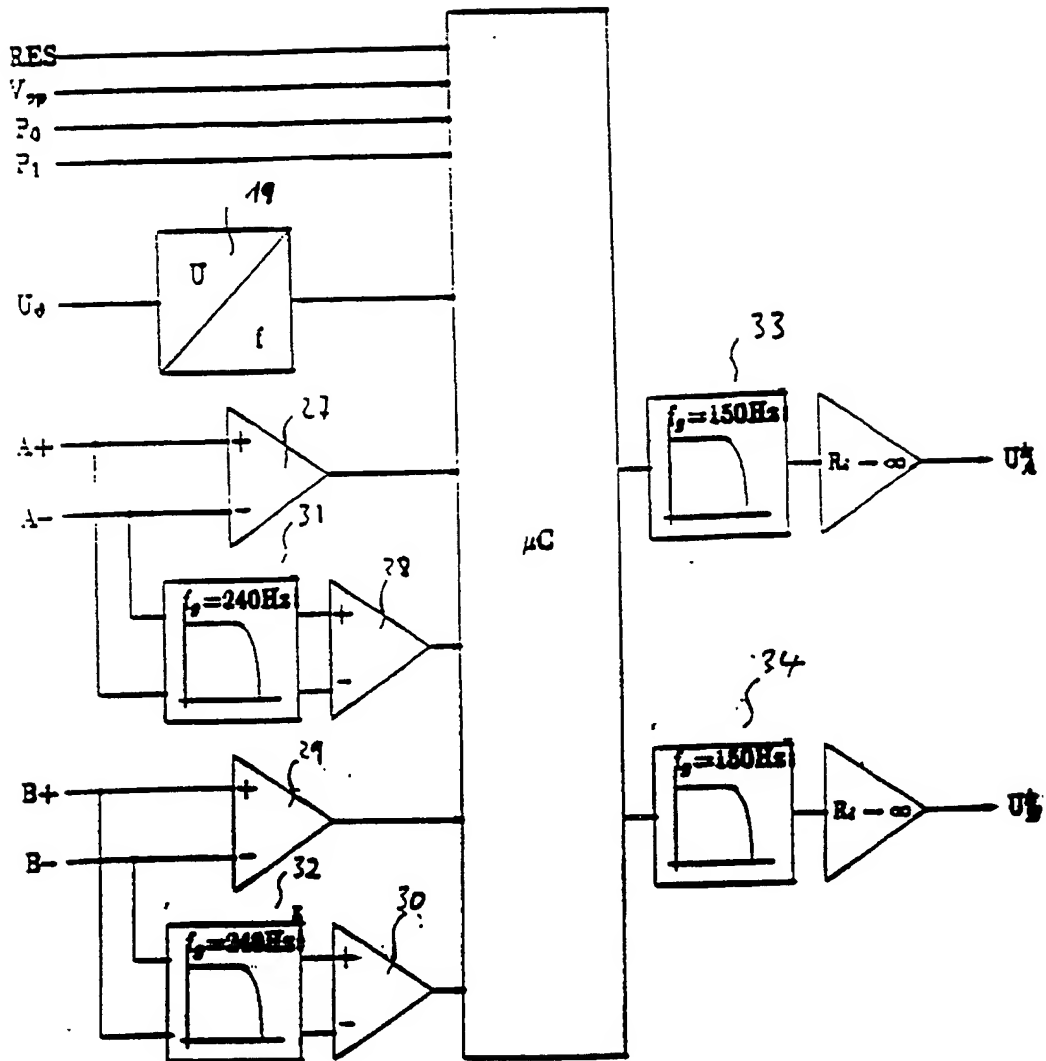


Fig. 6

Fig. 7a

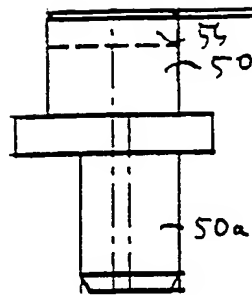


Fig. 7b

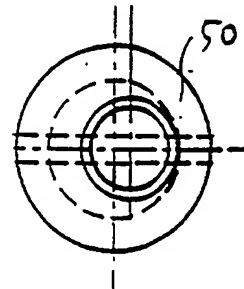


Fig. 7c

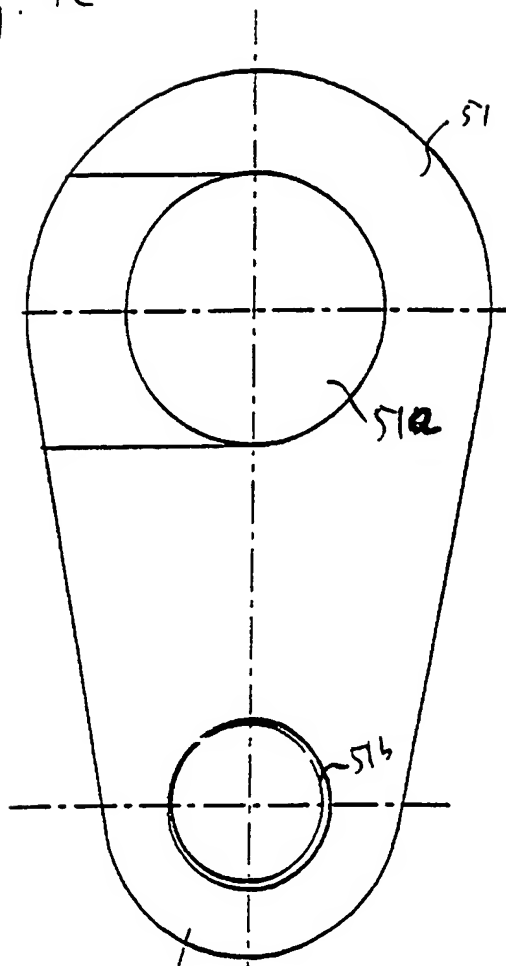


Fig. 7d

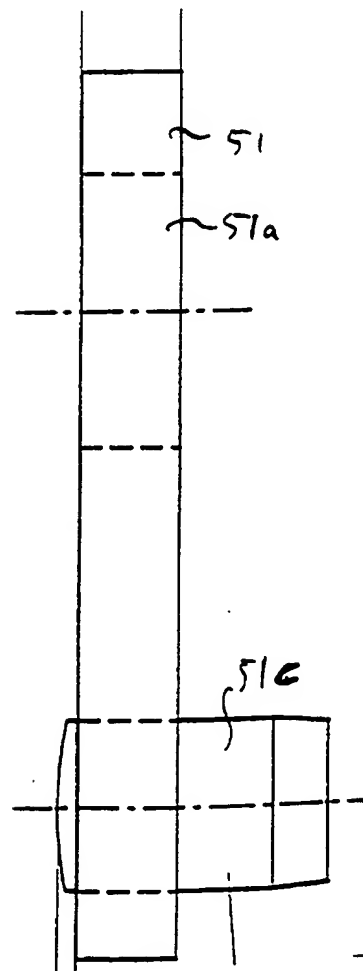
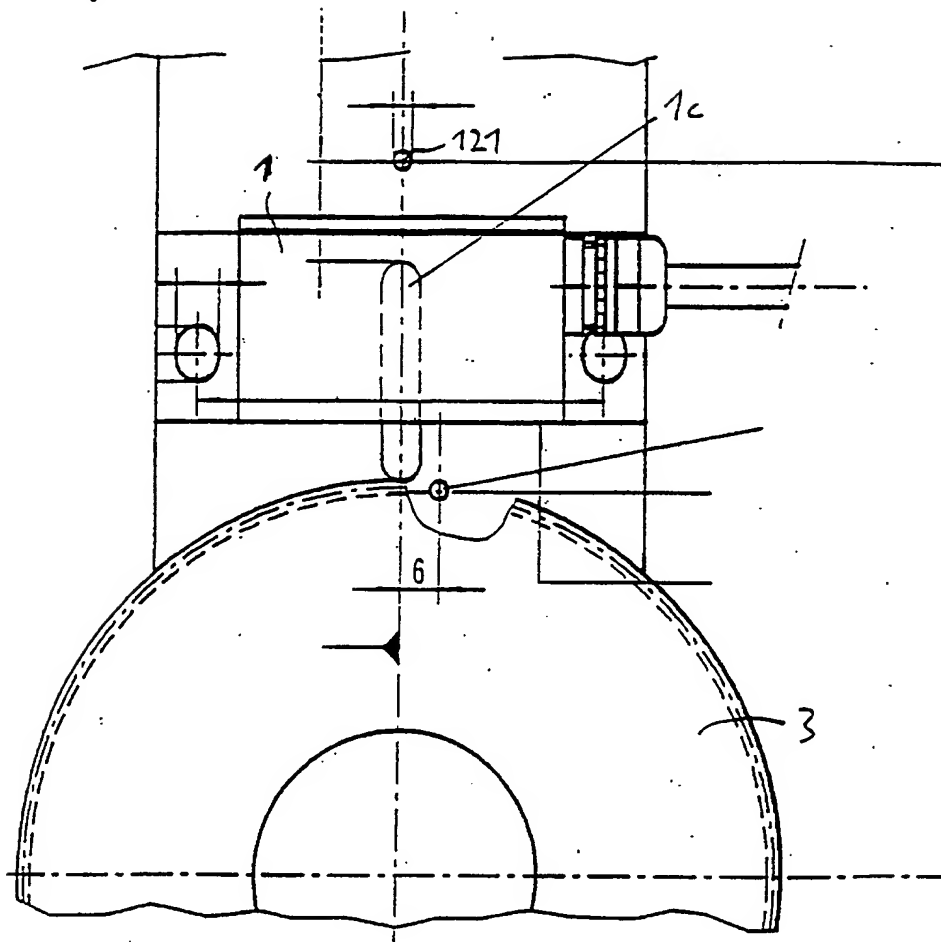


Fig. 8



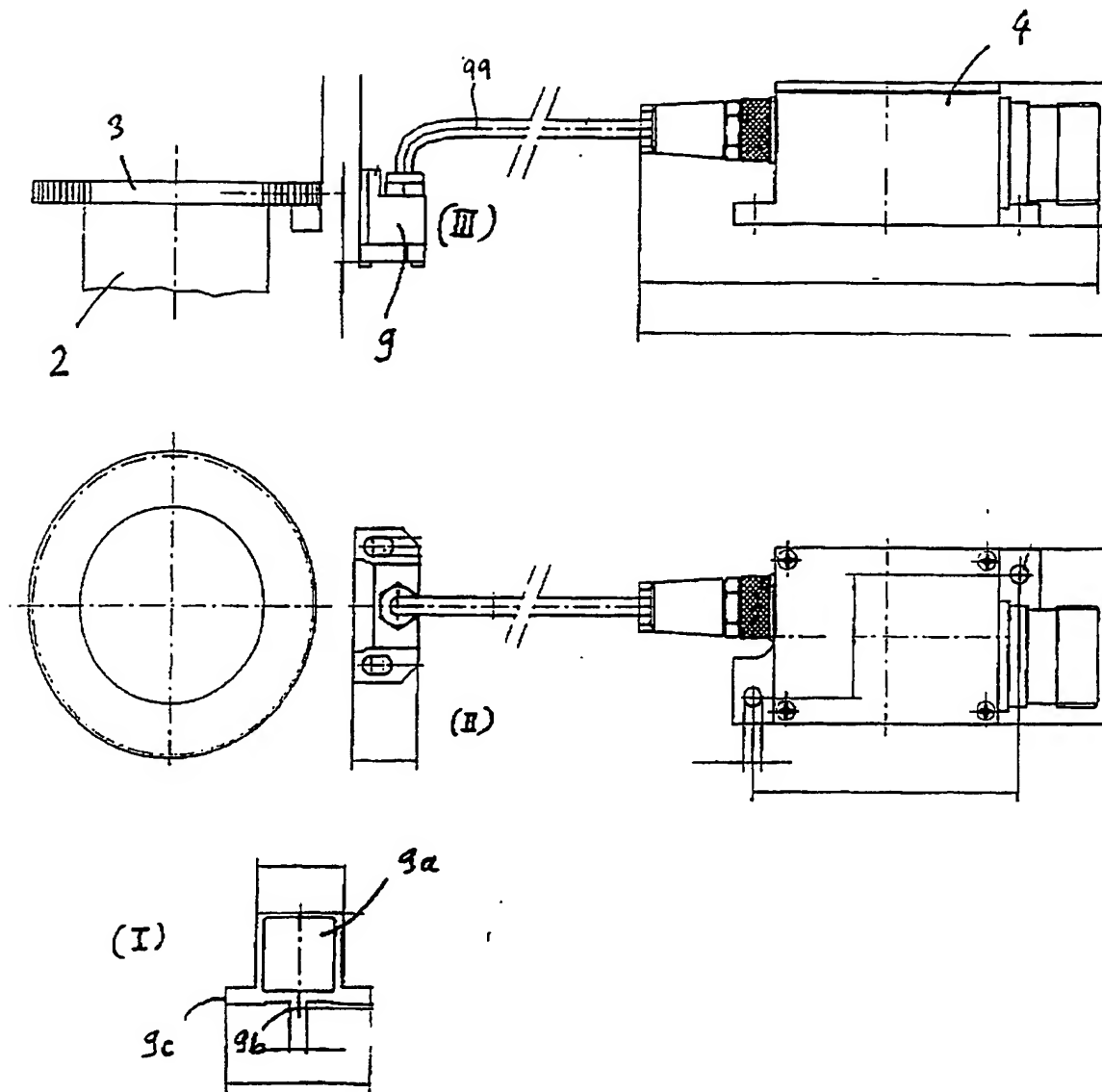


Fig. 9

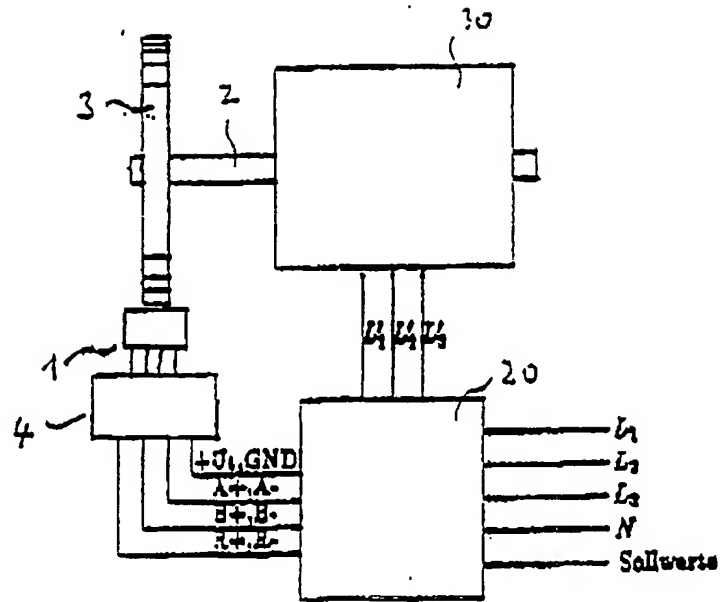


Fig. 10